



## **Algoritmi adattativi per il risparmio energetico di sistemi broadcast via Bluetooth**



**Candidato:** Lorenzo Pagliari (798273)

**Relatore:** Prof. Raffaella Mirandola

**Correlatore:** Dott. Diego Perez



- Introduzione
- Studio di fattibilità
- Soluzione proposta
- Prove sperimentali
- Conclusioni



- **Introduzione**
- Studio di fattibilità
- Soluzione proposta
- Prove sperimentali
- Conclusioni

## Situazione normale:

- Presenza di una struttura di rete di comunicazione
- La diffusione dei messaggi è in carico all'infrastruttura di rete
- Presenza di controlli e sistemi di autenticazione
- Visione globale dei dispositivi da parte dell'infrastruttura di rete





## Mancaanza di reti di comunicazione

Cause:

- Nubifragi
- Forti nevicate
- Dissestamenti idrogeologici
- Esondazioni
- Trombe d'aria
- Forti eventi atmosferici
- Disabilitazione volontaria





## Situazione di emergenza:

- Possibile assenza della rete elettrica
- Assenza di una struttura di rete
- Assenza di conoscenza globale della rete
- Assenza controlli centralizzati e di autenticazione
- I nodi possono avere solo una visione locale della rete
- Sono possibili solo comunicazioni Peer-to-Peer tra nodi vicini





Soluzione proposta:







## Soluzione proposta:

- Indipendente dalle reti di comunicazione: **Bluetooth**







## Soluzione proposta:

- Indipendente dalle reti di comunicazione: **Bluetooth**
- Utilizza dispositivi di comune utilizzo: **Smartphone**

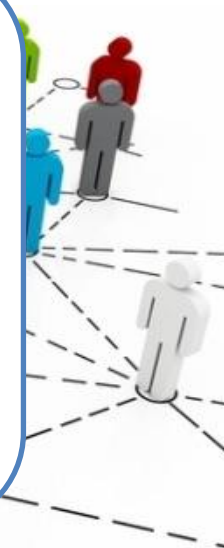




## Soluzione proposta:

- Indipendente dalle reti di comunicazione: **Bluetooth**
- Utilizza dispositivi di comune utilizzo: **Smartphone**
- Usa regole per la diffusione delle informazioni: **Gossip**

- Paradigma di diffusione virale delle informazioni
- Scopo: diffondere rapidamente informazioni, senza saturare i canali di comunicazione come il broadcast puro
- Diverse applicazioni:
  - Mantenimento dei dati in sistemi replicati o distribuiti
  - Studio della diffusione di epidemie
  - Mantenimento di un overlay di rete (routing)





## Soluzione proposta:

- Indipendente dalle reti di comunicazione: **Bluetooth**
- Utilizza dispositivi di comune utilizzo: **Smartphone**
- Usa regole per la diffusione delle informazioni: **Gossip**
- Deve tenere conto del consumo energetico





## Soluzione proposta:

- Indipendente dalle reti di comunicazione: **Bluetooth**
- Utilizza dispositivi di comune utilizzo: **Smartphone**
- Usa regole per la diffusione delle informazioni: **Gossip**
- Deve tenere conto del consumo energetico
- Adattamento ai cambiamenti esterni e interni al dispositivo





- Introduzione
- **Studio di fattibilità**
- Soluzione proposta
- Prove sperimentali
- Conclusioni

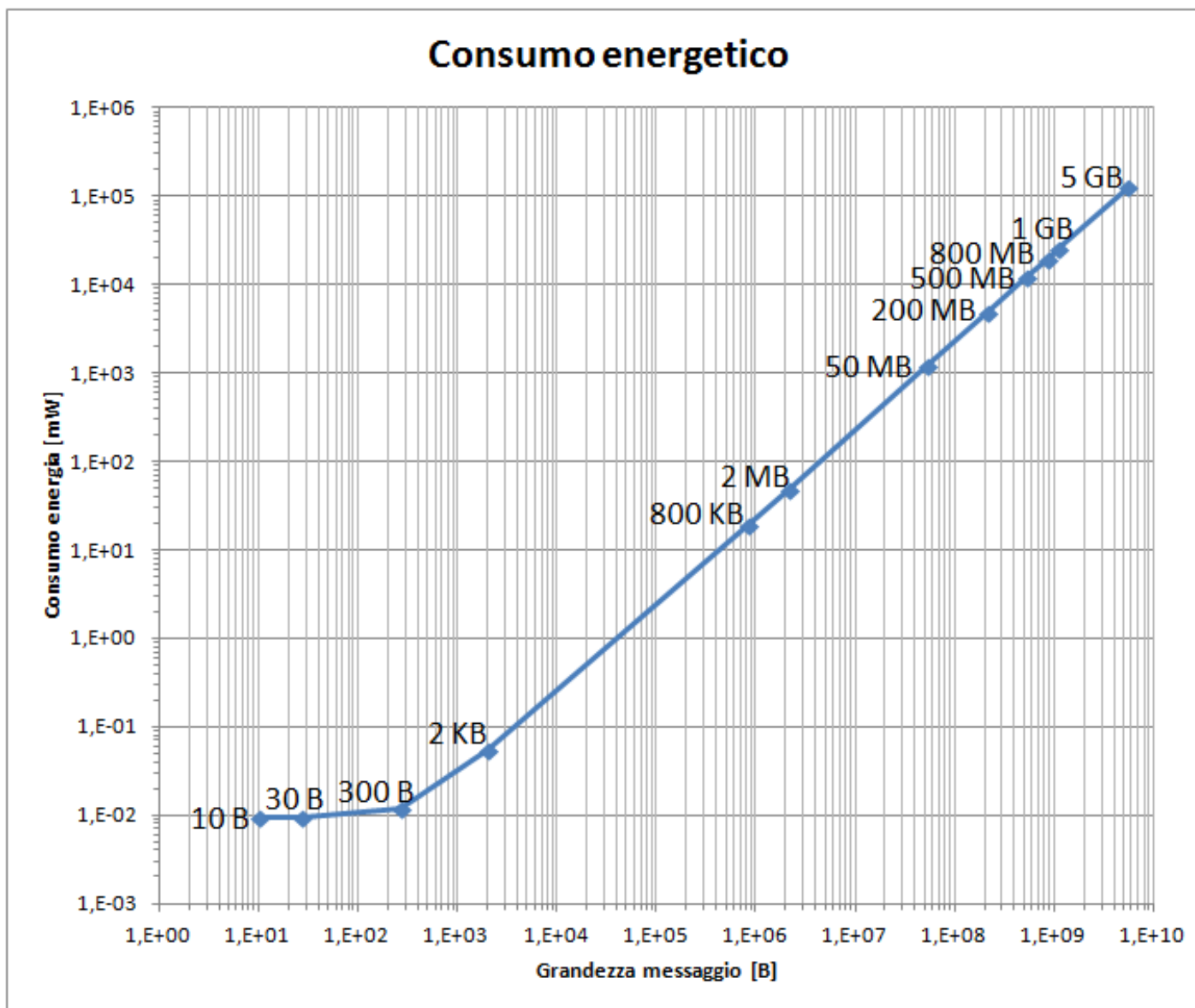


## Bluetooth Low Energy

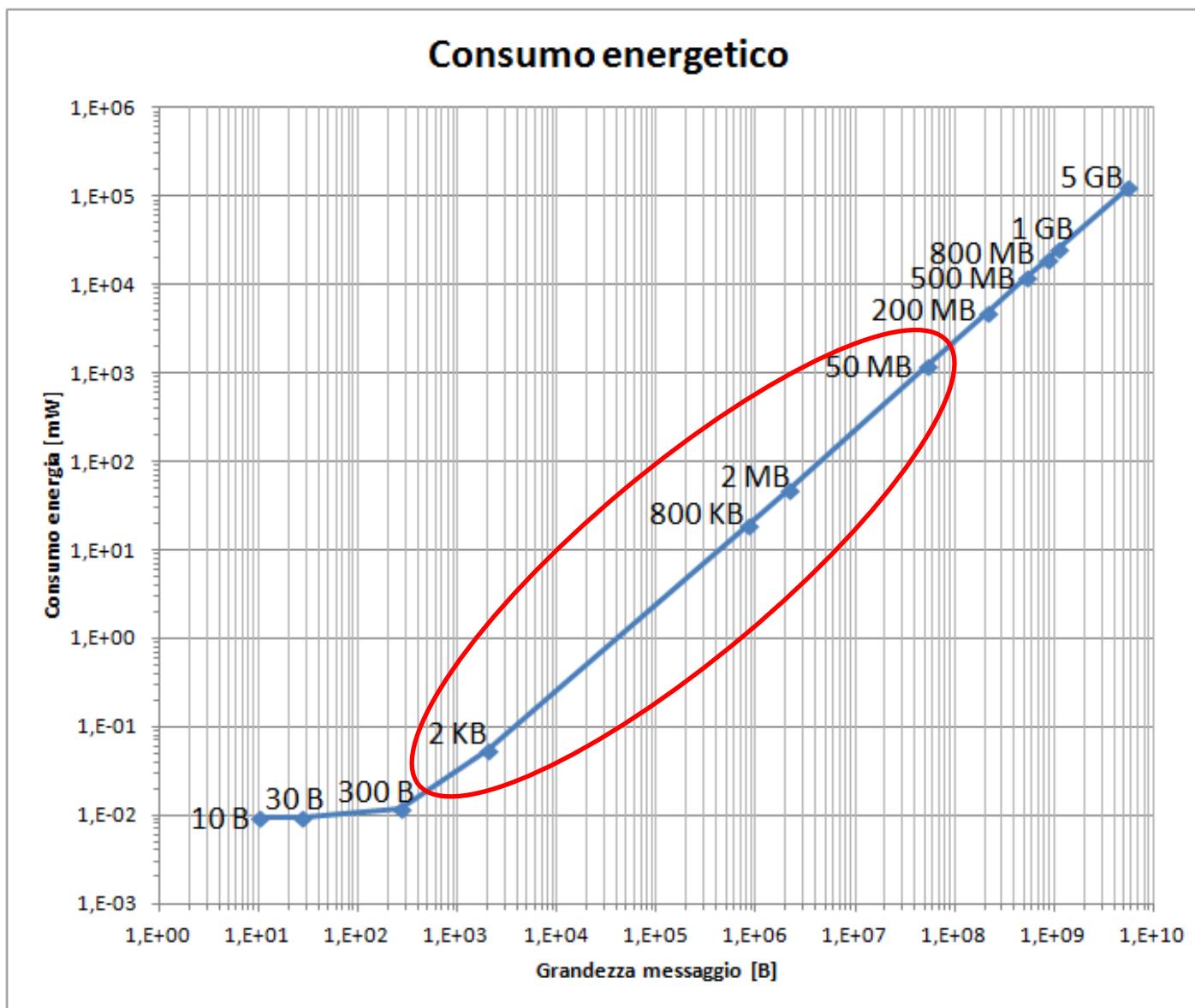
- Rilasciato nel 2010, con la versione v4.0
- Basso consumo energetico
- Bassa latenza di trasmissione
- Ottimizzata per la trasmissione di piccole informazioni
- In dotazione su tutti i dispositivi mobili di recente produzione



Potenza massima all'output	Potenza minima all'output
10 mW (10 dBm)	0.01 mW (-20 dBm)



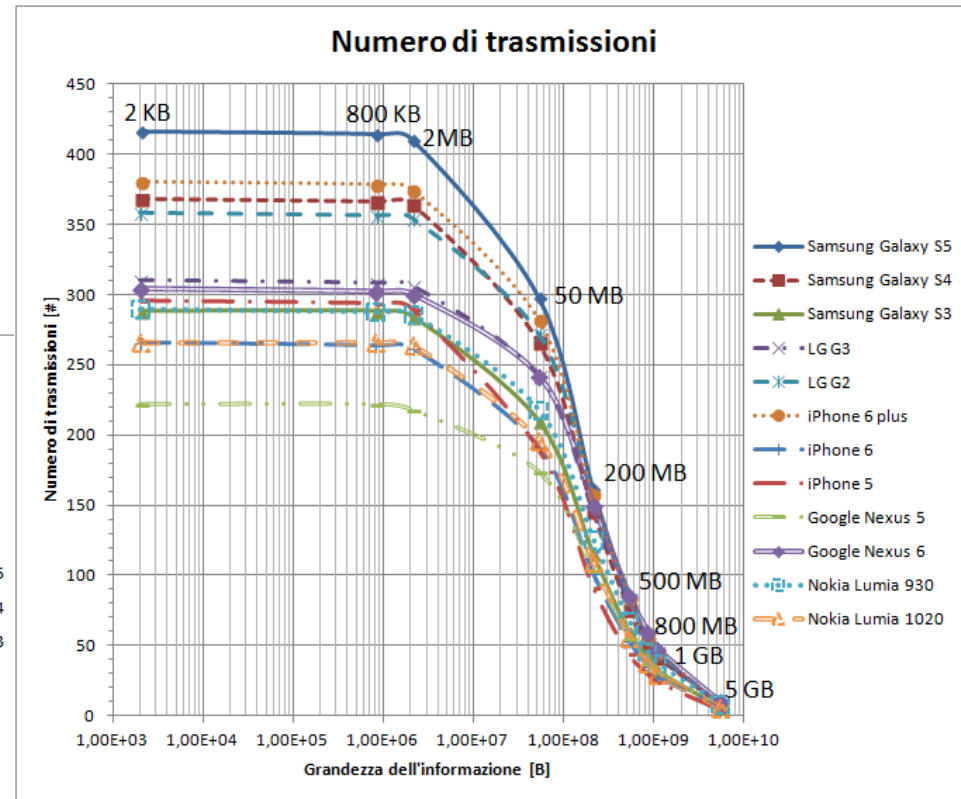
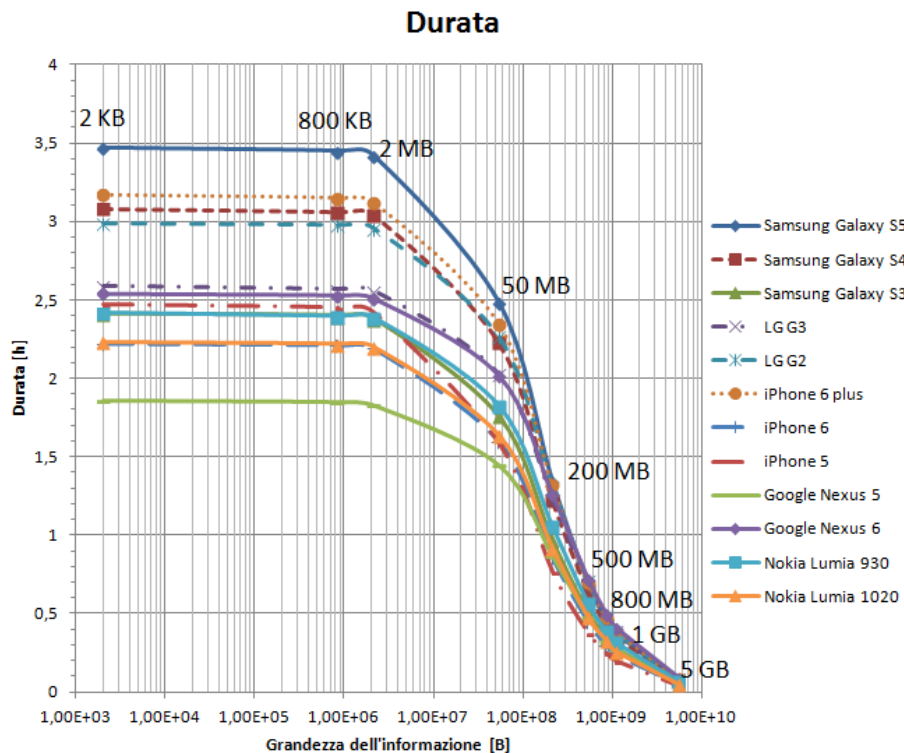






Impatto sugli smartphone:

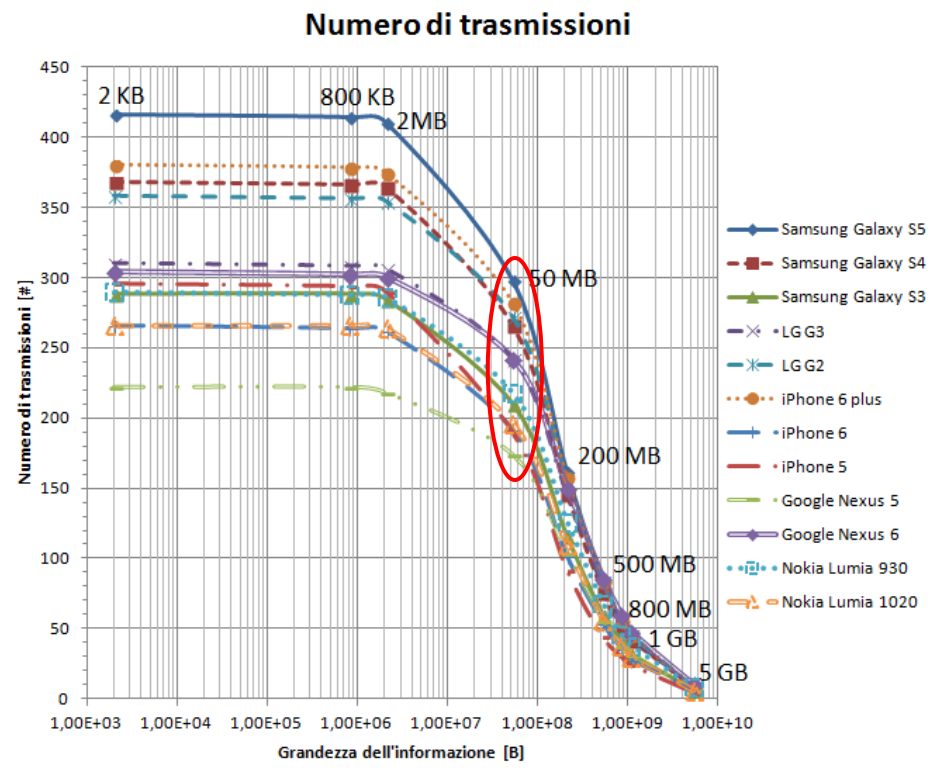
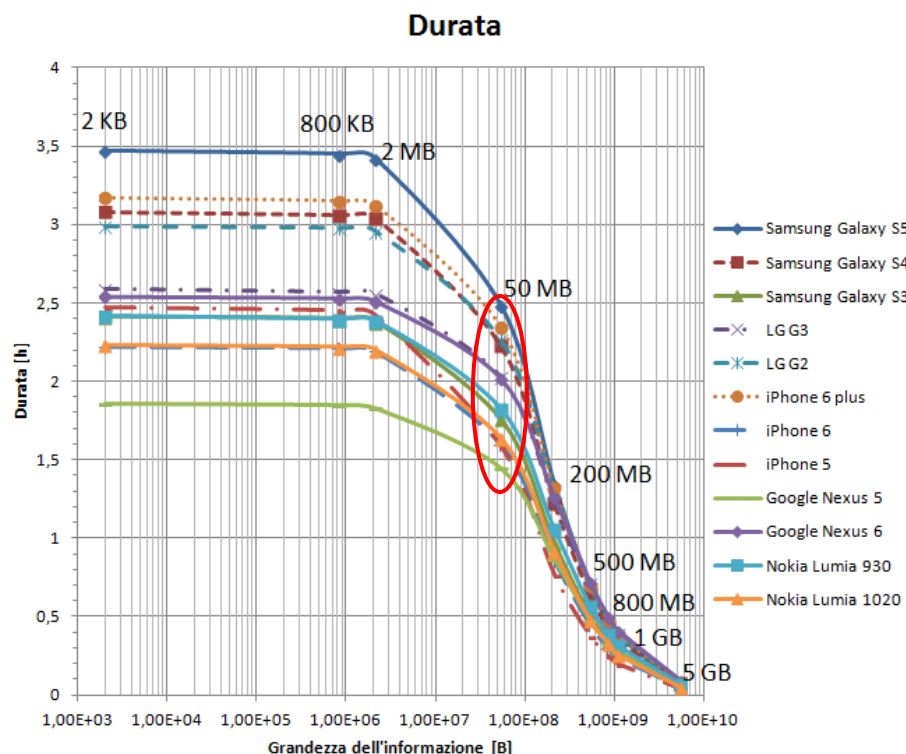
- Numero trasmissioni possibili
- Durata





Impatto sugli smartphone:

- Numero trasmissioni possibili
- Durata





- Introduzione
- Studio di fattibilità
- **Soluzione proposta**
- Prove sperimentali
- Conclusioni



# Algoritmo di Dynamic Fanout



# Algoritmo di Dynamic Fanout

- Si basa sulla tecnologia **Bluetooth Low Energy**



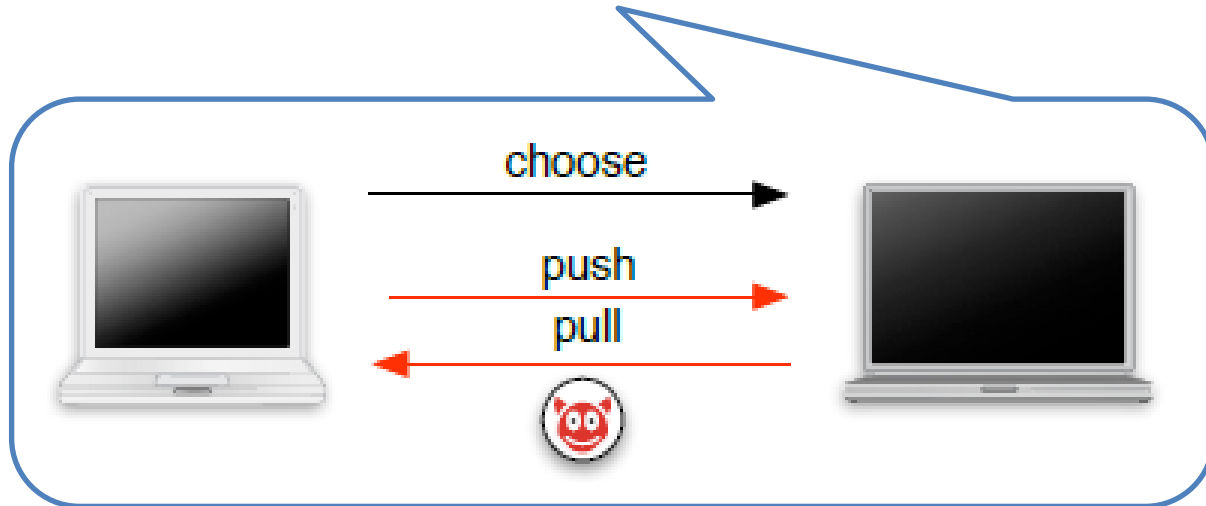
## Algoritmo di Dynamic Fanout

- Si basa sulla tecnologia **Bluetooth Low Energy**
- Estensione dell'algoritmo di gossip *fixed fanout*
  - Metodo di trasmissione di tipo *push*
  - Criterio di terminazione di tipo *counter*
  - Limite al numero di trasmissioni prefissato: *fanout*
  - Algoritmo *statico*, non si adatta ai cambiamenti esterni/interni



## Algoritmo di Dynamic Fanout

- Si basa sulla tecnologia **Bluetooth Low Energy**
- Estensione dell'algoritmo di gossip ***fixed fanout***
- Metodo di trasmissione ***Push&Pull***





## Algoritmo di Dynamic Fanout

- Si basa sulla tecnologia **Bluetooth Low Energy**
- Estensione dell'algoritmo di gossip ***fixed fanout***
- Metodo di trasmissione ***Push&Pull***
- Criteri di terminazione: mix tra ***counter*** e ***blind***

- ***Blind***: la decisione dipende solo dallo stato interno del dispositivo
- ***Counter***: termina quando il contatore raggiunge una certa soglia



## Algoritmo di Dynamic Fanout

- Si basa sulla tecnologia **Bluetooth Low Energy**
- Estensione dell'algoritmo di gossip ***fixed fanout***
- Metodo di trasmissione ***Push&Pull***
- Criteri di terminazione: mix tra ***counter*** e ***blind***

## *Dynamyc Fanout, Advertising Limit*

- DF= limite trasmissioni, AL = limite pubblicità
- Parametri dinamici, aggiornati periodicamente
- Adattamento ai cambiamenti esterni e interni
- Compromesso tra risparmio energetico ed efficienza

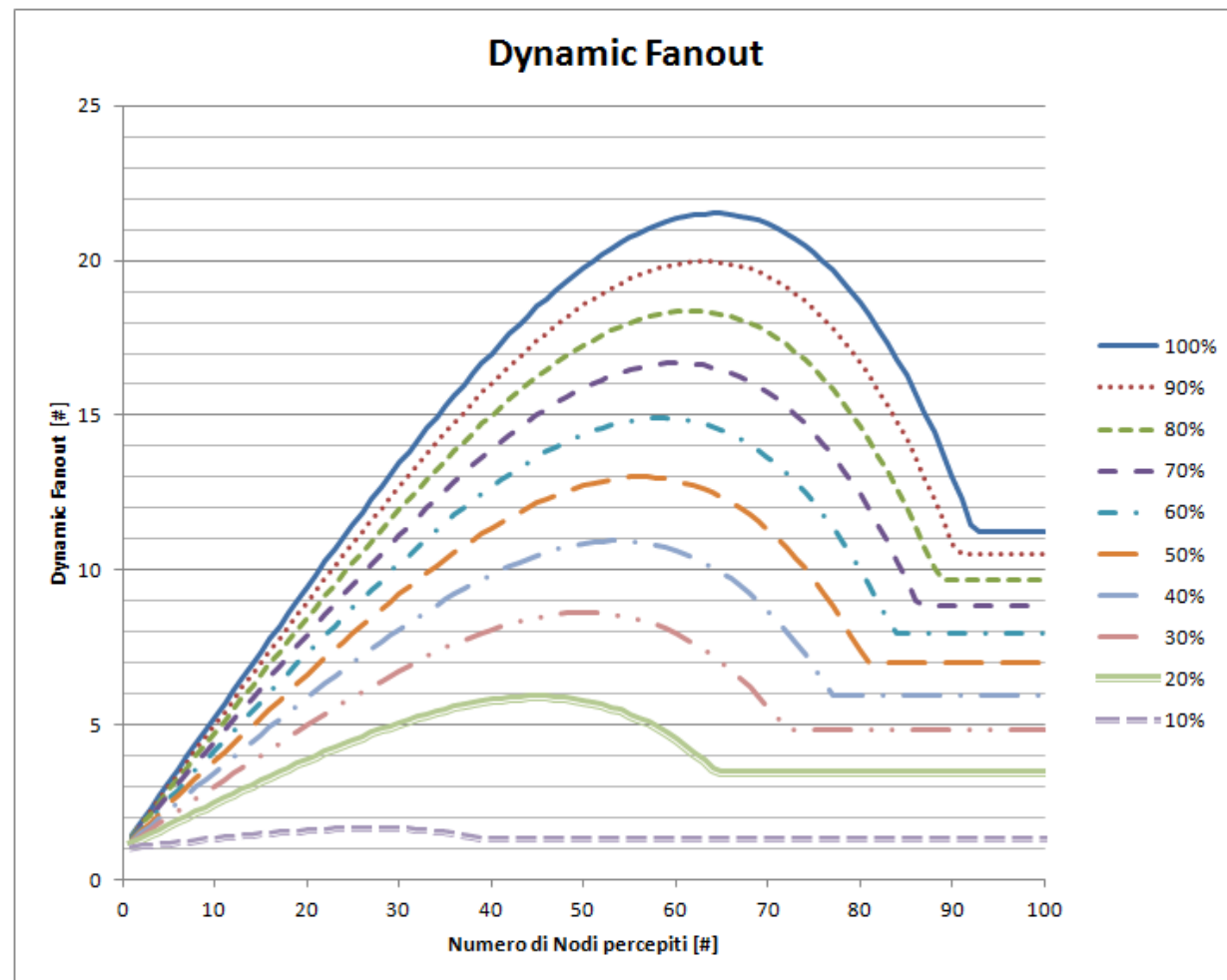


$$DF = \begin{cases} 1 + \left( \frac{\sqrt{0,2 \cdot x - 1,9}}{10} \right) \cdot x - 0.0000004x^4 & , x < X_{\max} \\ \max \left( 1 + \left( \frac{\sqrt{0,2 \cdot x - 1,9}}{10} \right) \cdot x - 0.0000004x^4; 1 + \frac{1}{2} DF_{\max} \right) & , x \geq X_{\max} \end{cases}$$

$$FB = \frac{\sqrt{0,2 \cdot x - 1,9}}{10}$$

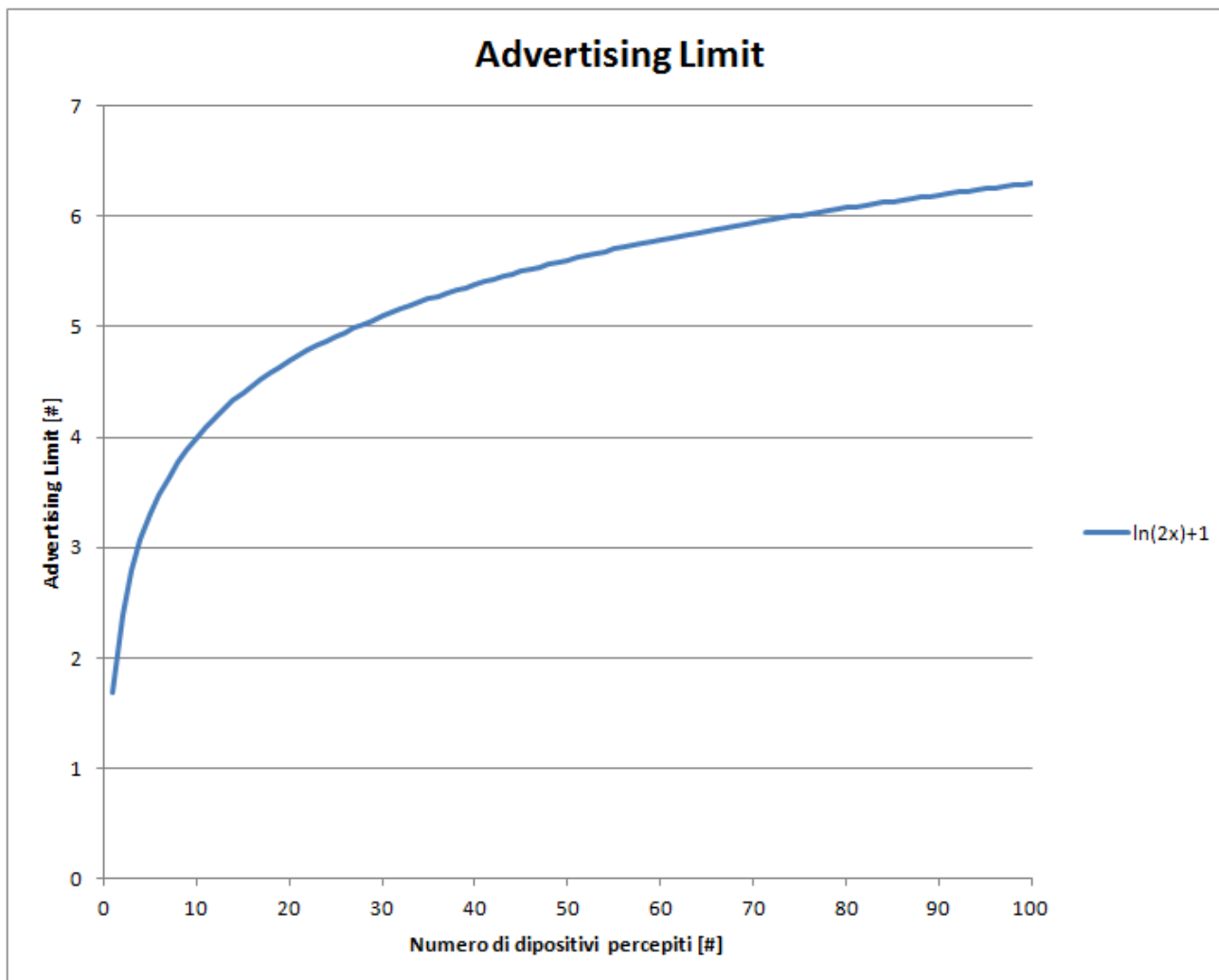
$$FC = 0.0000004x^4$$

$$\text{Asintoto} = 1 + DF_{\max} \cdot 50\%$$





$$AL = \ln(2x) + 1$$

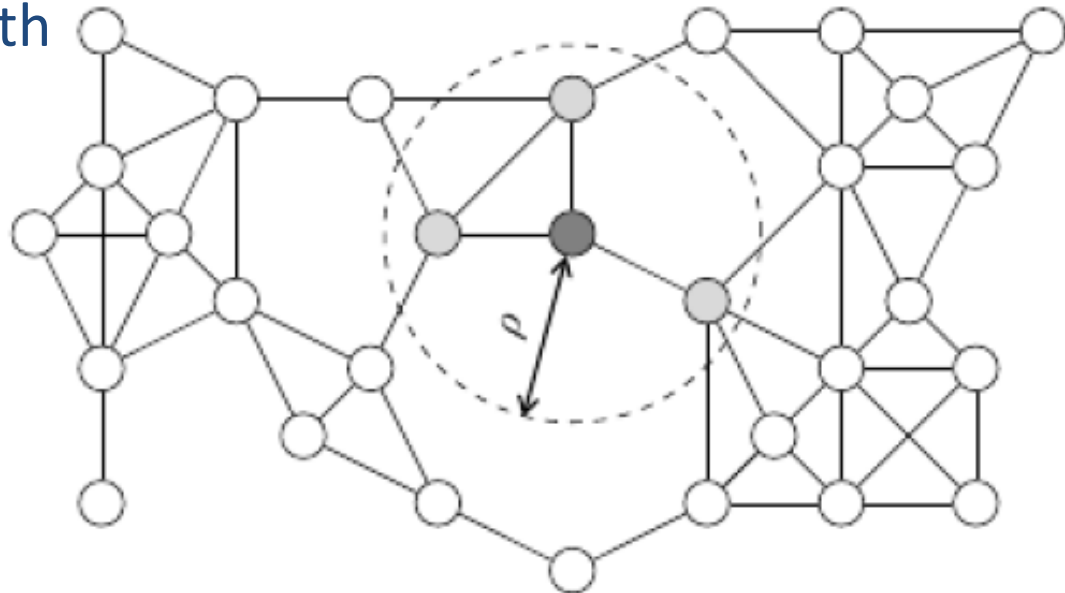




- Introduzione
- Studio di fattibilità
- Soluzione proposta
- **Prove sperimentali**
- Conclusioni

## Random Geometric Graph (N,p):

- Modello di rete P2P
- $\rho$ : distanza entro la quale sono possibili collegamenti
- Modello adatto per reti wireless o ad hoc, dove è importante la distanza fisica tra i nodi
- Sinergia con il Bluetooth







## Parametri di simulazione:

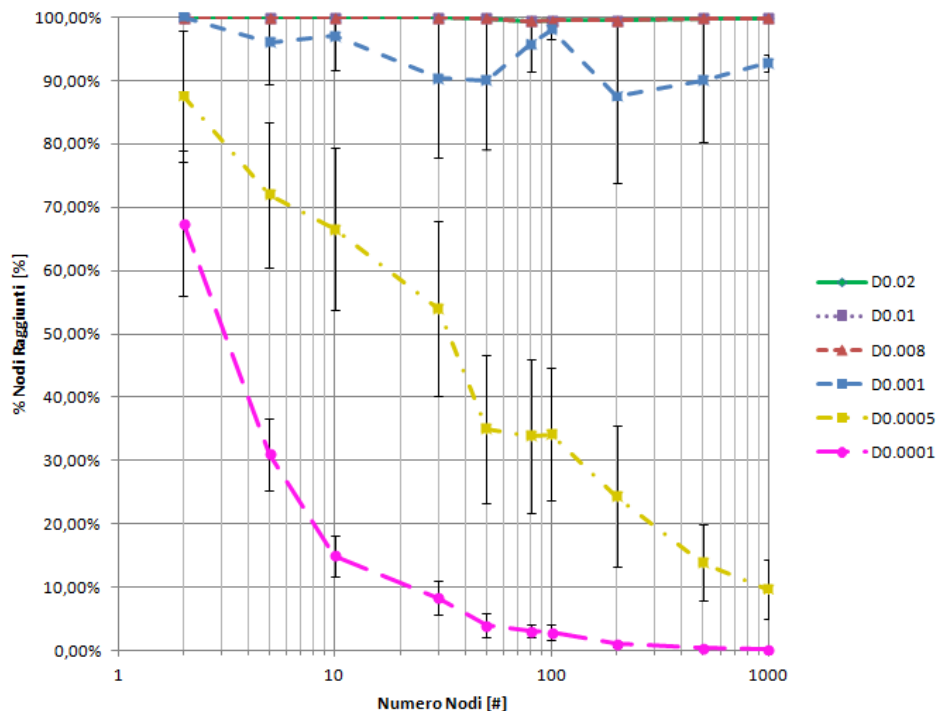
- Numero di nodi: **2 → 1000**
- Densità di nodi: **0.02 nodi/mq → 0.0001 nodi/mq**
- Raggio d'azione  $\rho$ : **15m, 50m**

## Dati raccolti:

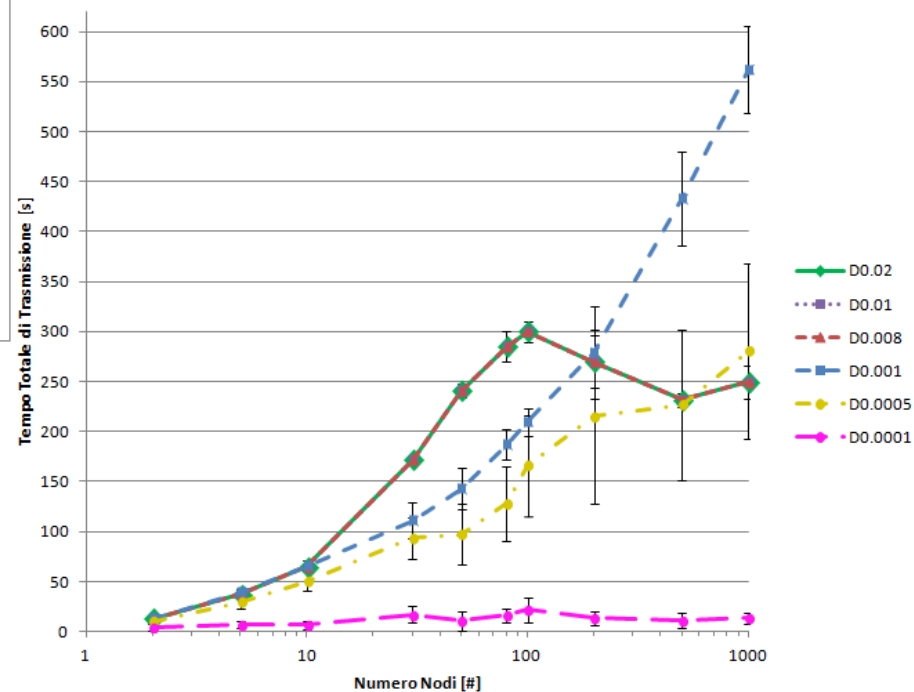
- Copertura della rete
- Tempo totale richiesto per la rispettiva copertura
- Parametro di efficienza

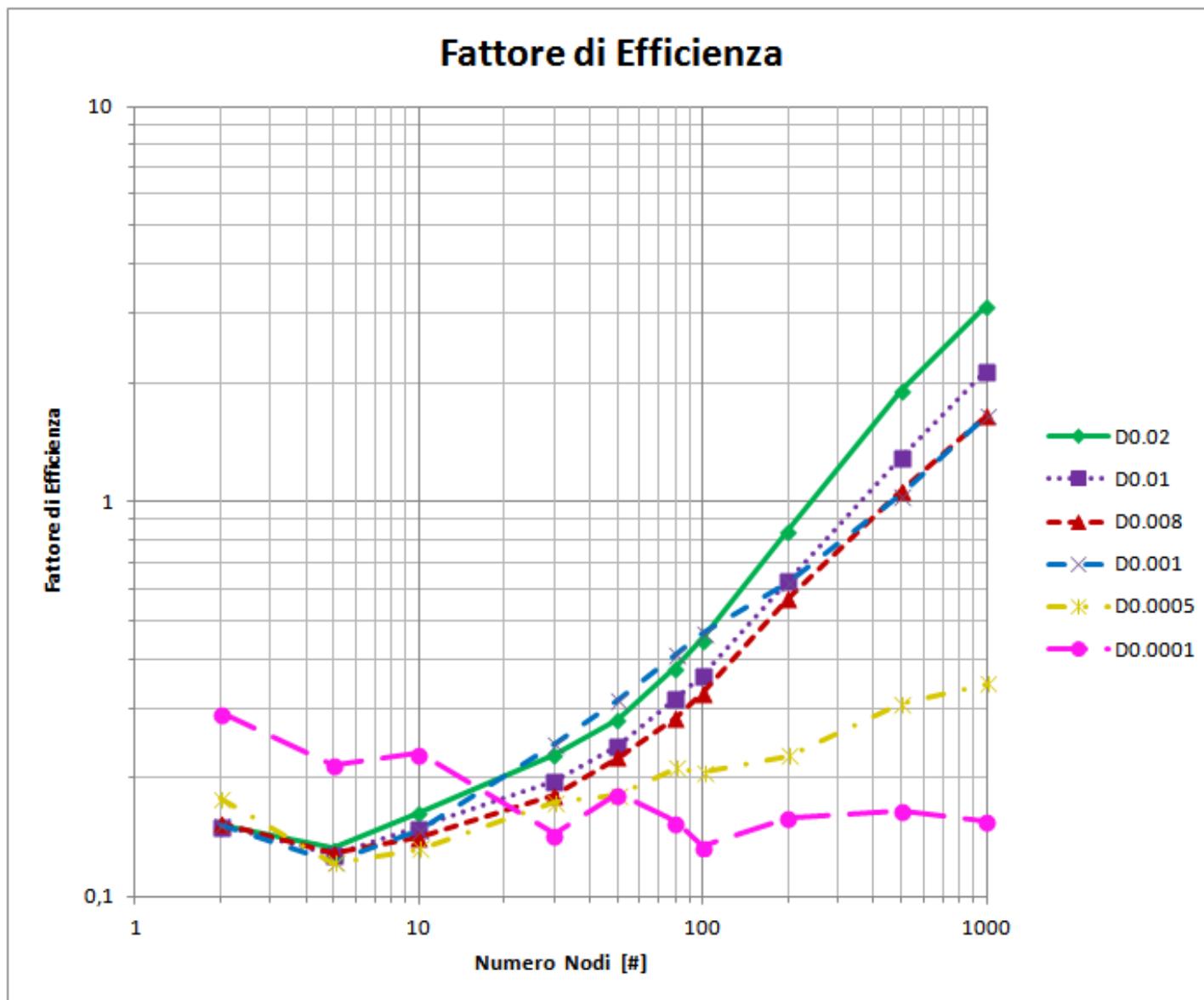


## Copertura



## Tempo di Contagio Totale







- Introduzione
- Studio di fattibilità
- Soluzione proposta
- Risultati ottenuti
- **Conclusioni**



## **Proposta di algoritmo dinamico per la comunicazione di dispositivi in situazioni di emergenza:**

- Sfrutta il Bluetooth Low Energy
- Sfrutta il paradigma di trasmissione di gossip

## **L'algoritmo proposto:**

- Si adatta bene ai cambiamenti esterni/interni
- Ha una buona efficienza di diffusione anche a densità relativamente basse
- Evita la ritrasmissione di informazioni già ricevute



## Sviluppi futuri:

- Mobilità dei nodi
- Distribuzione dei nodi secondo pattern urbani
- Più connessioni per singolo Master
- Miglior gestione dei messaggi (TTL)
- Nuovi algoritmi di gossip più efficienti

Algoritmi adattativi per il risparmio energetico di sistemi broadcast via Bluetooth

Grazie per l'attenzione !









## Dati batteria smartphone

Smartphone	Bluetooth	Batteria						Consumi				
		capacità [mAh]	V	Wh	Autonomia			idle [w]			load [w]	
					Standby [h]	3G [h]	LTE [h]	min	avg	max	avg	max
Samsung Galaxy S5	4.0	2800	3,85	10,78	390	11	10	0,3	0,5	1,1	3,1	6,2
Samsung Galaxy S4	4.0	2600	3,8	9,88	350	8	8	0,4	0,8	1,2	3,2	5,1
Samsung Galaxy S3	4.0	2100	3,8	7,98	460	7	9	1,2	1,4	1,5	3,3	3,4
LG G3	4.0	3000	3,8	11,4	100			0,6	1,8	2,3	4,4	9,1
LG G2	4.0	3000	3,8	11,4	100			0,4	1,1	1,4	3,8	4,8
iPhone 6 plus	4.0	2915	3,8	11,1	384	12		0,5	2,1	2,5	3,5	3,8
iPhone 6	4.0	1810	3,81	6,91	250	10		0,3	1,5	2	3,1	5,2
iPhone 5	4.0	1440	3,8	5,45	225			0,4	1,2	1,4	2,2	2,9
Google Nexus 5	4.0	2300	3,5	8	300			0,3	0,8	1	4,3	8,4
Google Nexus 6	4.1	3220	3,8	12,2	250 - 330			1,2	15	1,7	4,8	10,9
Nokia Lumia 930	4.0	2420	3,8	9,2	384	16		1	1,1	1,4	3,8	6,5
Nokia Lumia 1020	4.0	2000	3,8	7,6	350			1,5	2,2	2,5	3,4	4,7



## Numero di trasmissioni possibili

	2 kB	800 kB	2 MB	50 MB	200 MB	500 MB	800 MB	1 GB	5 GB
Samsung Galaxy S5	416	414	410	298	162	84	56	44	8
Samsung Galaxy S4	368	366	364	266	146	76	50	42	8
Samsung Galaxy S3	288	288	284	210	116	60	42	32	6
LG G3	310	308	306	242	146	80	56	44	8
LG G2	358	356	354	272	156	84	58	46	8
iPhone 6 plus	380	378	374	282	158	84	56	46	8
iPhone 6	266	264	262	192	102	54	36	28	6
iPhone 5	296	294	290	190	92	44	30	24	4
Google Nexus 5	222	222	218	174	104	56	38	32	6
Google Nexus 6	304	302	300	242	150	86	60	48	10
Nokia Lumia 930	290	288	286	218	126	68	46	38	8
Nokia Lumia 1020	266	266	264	196	110	56	38	30	6



## Autonomia dispositivi

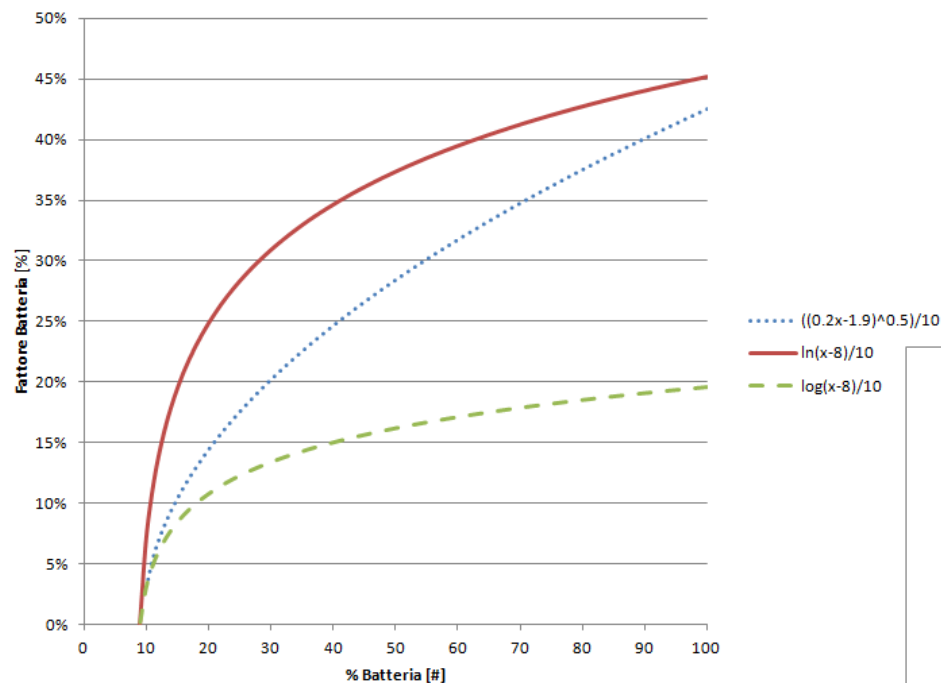
	2 kB	800 kB	2 MB	50 MB	200 MB	500 MB	800 MB	1 GB	5 GB
Samsung Galaxy S5	3,47	3,45	3,42	2,49	1,35	0,7	0,47	0,38	0,08
Samsung Galaxy S4	3,08	3,06	3,04	2,23	1,22	0,64	0,43	0,35	0,07
Samsung Galaxy S3	2,41	2,4	2,38	1,76	0,97	0,51	0,35	0,28	0,06
LG G3	2,59	2,57	2,56	2,03	1,23	0,68	0,47	0,38	0,08
LG G2	2,99	2,98	2,96	2,27	1,31	0,71	0,49	0,39	0,08
iPhone 6 plus	3,17	3,15	3,12	2,35	1,32	0,7	0,48	0,39	0,08
iPhone 6	2,22	2,21	2,19	1,6	0,86	0,45	0,3	0,24	0,05
iPhone 5	2,47	2,45	2,42	1,59	0,77	0,38	0,25	0,2	0,04
Google Nexus 5	1,86	1,85	1,83	1,45	0,87	0,48	0,33	0,27	0,06
Google Nexus 6	2,54	2,53	2,51	2,02	1,26	0,72	0,5	0,41	0,09
Nokia Lumia 930	2,42	2,4	2,39	1,83	1,06	0,57	0,39	0,32	0,07
Nokia Lumia 1020	2,23	2,22	2,2	1,64	0,92	0,48	0,33	0,26	0,05



# Soluzione proposta – Dynamic Fanout

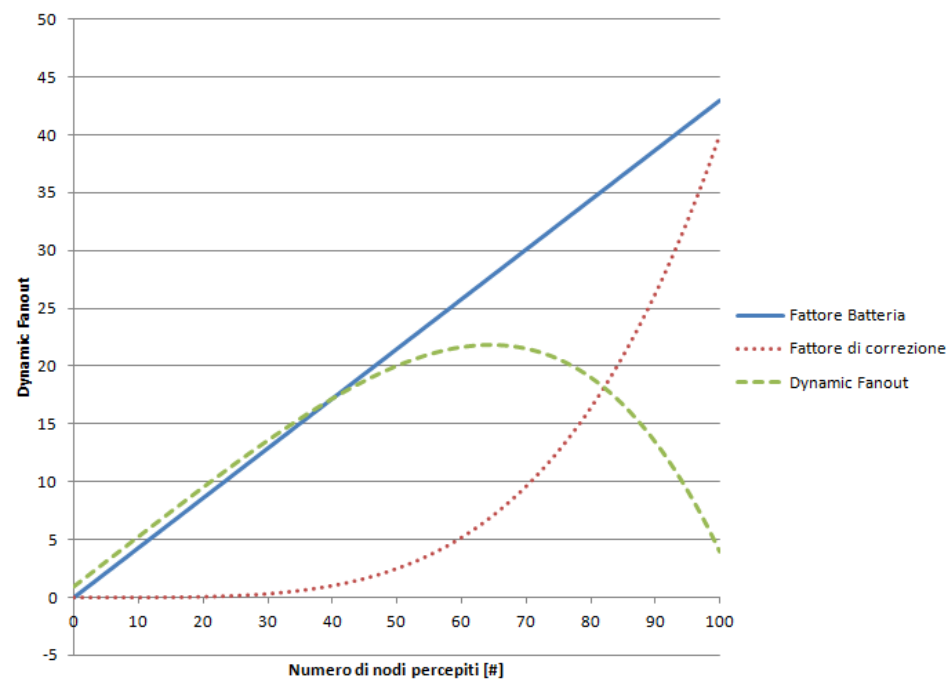
41

Fattore Batteria



$$FB = \frac{\sqrt{0,2 \cdot x - 1,9}}{10}$$

Dynamic Fanout con Fattore di Correzione



$$FC = 0.0000004x^4$$



## Complessità:

- Difficile stabilire la complessità con questi parametri variabili
  - Nel caso teorico di:
    - Batteria sempre carica
    - Tutti i nodi connessi allo stesso grafo
    - Strategia Push&Pull
- Tempo totale di contagio:  $O(\ln n)$  cicli
- La copertura richiede almeno  $O(n * \log \log n)$  messaggi

